

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ МЕТАЛЛА КРУПНОГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Ключевые слова: жизненный цикл металлических конструкций, технологические операции, сварочные процессы, накопление повреждений, трещины, разрушение.

Проблемы качества металлических конструкций основываются на рассмотрении причинно-следственных связей, позволяющих описать всю сложную эволюцию условий изготовления этих конструкций, и последствий, приводящих к образованию трещин и даже к отказам. Надежность таких конструкций во многом определяется тем, насколько точно и адекватно учитываются все существенные особенности металла конструкций, поскольку их габариты делают невозможным постоянный сплошной контроль.

В машиностроительном производстве изготовление металлоконструкций осуществляется на основе обработки заготовок в ходе технологических процессов металлургического, механического, сварочного и механосборочного производств. Каждый технологический передел имеет свои особенности, влияющие на свойства металлов, а их пороки (дефекты) могут появляться и сохраняться вплоть до эксплуатации конструкции. Изготовление крупногабаритных конструкций сопровождается такими явлениями, как образование несплошностей, формирование напряженно-деформированного состояния, изменение фазового и структурного состава, изменение исходной геометрической формы, развитие анизотропии свойств и многое другое.

Существующие взаимосвязи между жизненным циклом конструкции (ЖЦК) и технологической наследственностью (ТН) металла конструкции носят сложный характер. Конструктору и технологу (металлургу, специалистам по холодной обработке материалов, сварке и т. д.) важно учитывать, как технологические процессы связаны с формированиями конкретных служебных свойств проектируемого и изготавливаемого изделия.

В основу рассматриваемых ниже представлений об образовании дефектов положена феноменологическая модель накопления повреждаемо-

сти металла в течение ЖЦК или учет ТН. Понятие этого принципа («эффект последствий») сформулировал великий математик В. Вольтерра: состояние объекта определяется не только силами, которые действуют на него в данный момент времени, но и историей сил, имевших место в прошлом. Поэтому состояние тела (для нашего случая – металла заготовки) в любой момент времени отличается от состояния в другой момент времени. Изучение вопросов оценки ТН в настоящее время является одним из приоритетных направлений теории и практики оценки живучести конструкций различного назначения.

Учение о ТН предусматривает взаимосвязь и взаимообусловленность свойств заготовок и готовых деталей. Поэтому требуется изучение физических механизмов технологической наследственности для управления ею в каждом отдельном случае. Важное место занимает ремонтная сварка, которая может выполняться на всех этапах жизненного цикла крупногабаритных конструкций.

Многолетние исследования технологического процесса изготовления изделий с учетом принципа ТН, проведенные на «Уралмашзаводе», позволили выявить факторы, влиявшие на свойства готового изделия, и установить условия регулирования параметров технологических процессов. Надо знать предысторию изготовления ремонтируемой детали.

Технологическое наследование свойств начинается с металлургического передела (шихтовый двор, ведение плавки, процессы легирования, раскисления, удаление продуктов окисления из жидкого металла, регулирование температуры в процессе плавки и перед разливкой, способ разливки и др.) и проходит через весь ЖЦК. Различные силы, возникающие при режимах лезвийной обработки (точение, фрезерование, шлифование и др.), вызывают неоднородный уровень напряженно-деформированного состояния, который может самым неожиданным образом проявить себя в уже готовой машине. В ходе механической обработки металл литого конуса засыпного аппарата доменной печи, имеющий разнотолщинность рабочей поверхности, получает неравновесное состояние (часть поверхности осталась необработанной), что приводит к формоизменению детали, отрыву ребер жесткости от внутренней поверхности конуса, остановке сборки засыпного аппарата у заказчика.

При производстве сварных конструкций рассматриваемого класса широко используются технологические операции, приводящие к локальной пластической деформации материалов. К этим операциям относятся дробеструйная очистка поверхности проката (фасонных отливок, толстолистовых поволоков), его правка, резка на гильотинных ножницах, гибка и калибровка сварных обечаек, штамповка, совмещение кольцевых стыков обечаек (составных корпусов шаровых мельниц и проч.) при сборке.

Процесс синеломкости в корне одностороннего многопроходного шва под влиянием термических циклов сварки и угловых деформаций, даже в отсутствие интенсивных внешних воздействий, приводит к изменению физико-механических свойств и структуры. Обработка наплавленного металла абразивным инструментом создает в выступах неровностей поверхности шва тепловые удары, вызывающие мгновенный нагрев и структурные изменения металла поверхностного слоя. На участках обработанной поверхности, расположенных под выступами микронеровностей, возникают зоны отпущенного металла, имеющие пониженную твердость. На границах разных структур возникают значительные остаточные напряжения, вызывающие появление трещин типа шлифовочных.

Технологические напряжения также имеют наследственную природу. В зависимости от воздействия на материал технологического процесса в разных частях крупногабаритной массивной заготовки возникают разные по величине и по знаку напряжения. При механической обработке крупногабаритных массивных конструкций (например, сварного корпуса гидравлической турбины) перераспределение внутренних напряжений при срезе металла приводит к значительному формоизменению детали, требующему дополнительной ремонтной наплавки.

Информационная поддержка этапа ремонтной сварки продукции осуществляется автоматизированными системами управления предприятием (АСУП) и автоматизированными системами управления технологическими процессами (АСУТП).